



Munich Personal RePEc Archive

Technical efficiency in coffee production: a stochastic frontier analysis for Nicaragua

Urbina, Jilber

Banco Central de Nicaragua

March 2017

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/82690/>

MPRA Paper No. 82690, posted 07 Dec 2017 10:28 UTC

Eficiencia técnica en la producción de café en Nicaragua: Un análisis de fronteras estocásticas

Jilber Urbina^{*}

Marzo 2017

Resumen

En esta investigación se estima el nivel de eficiencia técnica nacional en la producción de café. Utilizando un modelo de fronteras estocásticas, se estimó que Nicaragua alcanza 60 por ciento de su eficiencia técnica, lo que implica que los productores de café tienen una ventana de oportunidad para mejorar sus prácticas productivas. El nivel de eficiencia con el que actualmente cuenta el gremio cafetalero le impide al país captar aproximadamente 340 millones de dólares por exportaciones de café. Al cierre de 2015, los ingresos por venta de café representaron 3.09 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), de haberse alcanzado el 100 por ciento de eficiencia productiva, la importancia relativa de ese rubro hubiese representado 5.77 por ciento del PIB. Un análisis contrafactual muestra las ganancias que se derivarían producto de alcanzar la eficiencia técnica.

Palabras Claves: Producción de café, fronteras estocásticas, Nicaragua, contrafactual.

Códigos JEL: C12, C13, C24, C87, D24, Q00, Q18.

^{*}El autor es investigador principal de la Gerencia de Investigaciones Económicas del Banco Central de Nicaragua (BCN). Para comentarios comunicarse con el autor en la siguiente dirección jurbinac@bcn.gob.ni. El contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del autor y no representa la posición oficial del BCN.

Technical efficiency in coffee production: A stochastic frontier analysis for Nicaragua

Abstract

This article analyses the technical efficiency of coffee production in Nicaragua. We apply a stochastic frontier model to estimate the technical efficiency which reaches 60 %; this means that Nicaraguan coffee producers have chances to improve the way they get things done. This level of efficiency prevents Nicaragua from capturing 340 million dollars for coffee exports. At the end of 2015, revenues from coffee exports represented 3.09 % of Gross Domestic Product (GDP), if 100 % productive efficiency had been achieved, the weight of this item would have been 5.77 % of GDP. A counterfactual analysis shows the gains that would be derived from achieving technical efficiency.

Keywords: Coffee production, stochastic frontier, Nicaragua, counterfactual.

JEL Codes: C12, C13, C24, C87, D24, Q00, Q18.

1. Introducción

En esta investigación se estima el nivel de eficiencia técnica del gremio cafetalero en la producción de café. Esto se hace mediante la estimación de la eficiencia técnica en el uso de los recursos con los que productores cuentan para producir café. Para ello, se utilizaron los datos correspondiente a la Encuesta de Costos de Producción de Café, ciclo 2014-2015, la cual consta de 5,386 registros. Cabe mencionar que los resultados de este estudio son preliminares¹ y están sujetos a cambios debido a que la información de la base de datos aún no es la definitiva.

Así, para la estimación de la eficiencia técnica en la producción de café se empleó un modelo de fronteras estocásticas. Se estimó que Nicaragua alcanza 60 por ciento de su eficiencia técnica, lo que implica que los productores de café tienen una ventana de oportunidad para mejorar sus prácticas productivas actuales.

En este sentido, el modelo de frontera estocástica calcula el máximo nivel de producción que una explotación agropecuaria puede producir con una combinación de insumos dados y lo compara con el valor observado de la explotación, la diferencia entre ambos valores es el nivel de ineficiencia obtenido; a menor diferencia entre ambos valores, mayor el nivel de ineficiencia de la explotación agropecuaria.

Además de estimar y analizar el nivel de eficiencia técnica en la producción de café, también se realiza un análisis contractual en el que se determina que Nicaragua podría ganar aproximadamente 340 millones de dólares adicionales a los que actualmente recibe producto de la exportación de café. Asimismo, de este análisis se deriva que, en promedio una finca nicaragüense produce casi 72 quintales de café en total, mientras que si se alcanzara el 100 por ciento de eficiencia técnica, cada finca tendría capacidad de producir hasta 112 quintales. Este nivel de eficiencia pone de manifiesto que cada finca deja de percibir, en promedio, 7,600 dólares aproximadamente.

Hasta el momento no existen trabajos publicados sobre la estimación de la eficiencia técnica en la producción de café nicaragüense, de manera que esta investigación brinda los primeros indicios sobre este tema, a la vez que contribuye a la literatura empírica, no sólo por ser el primer trabajo que aborda esta temática, sino que incorpora un análisis contrafactual que manifiesta los montos moneta-

¹Errores de digitación por omisión de datos están presentes en esta versión no depurada de la base. Asimismo, cabe aclarar que los resultados de la encuesta no está disponible al público, por lo que el autor agradece al BCN haber facilitado acceso a los datos relativos a la encuesta para la realización de este estudio.

rios que se dejan de percibir producto de la baja eficiencia productiva y hace una comparación con algunos indicadores macroeconómicos.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta la metodología así como los conceptos y notación relevante a la temática de fronteras estocásticas. La especificación del modelo junto con la discusión de los resultados obtenidos conforman la sección 3. Finalmente, las consideraciones finales están en la sección 4.

2. Metodología

Siguiendo a Battese y Coelli (1992), para estimar la frontera de producción de la que se obtiene la eficiencia técnica, se utiliza un modelo con dos componentes aleatorios,² uno de ellos está asociado a la ineficiencia técnica y el otro, al término de error aleatorio que está presente en todo esquema de regresión.

La función de producción que se estimará tiene, en términos generales, la siguiente forma,

$$y_i = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \boldsymbol{\varepsilon}_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

donde y_i es la máxima producción que se puede obtener con la combinación de recursos \mathbf{x}_i dado los ponderadores óptimos que están contenidos en el vector $\boldsymbol{\beta}$, dichos valores son el objetivo de la estimación. En lo referente al término de perturbación $\boldsymbol{\varepsilon}_i$, éste puede tener dos supuestos distribuciones; por un lado, se puede asumir que $\boldsymbol{\varepsilon}_i$ sigue una distribución exponencial, lo que conlleva a una optimización lineal para obtener los elementos de $\boldsymbol{\beta}$. Por otro lado, se podría asumir que las perturbaciones siguen una distribución *half*-normal en cuyo caso, se requeriría un procedimiento de optimización cuadrática para obtener la estimación de los parámetros de la función de producción. En cualquiera de los dos escenarios anteriores, el método de estimación se realiza vía máxima verosimilitud.

En la especificación de la ecuación (1), la parte $y_i = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \boldsymbol{\varepsilon}_i$ corresponde a una frontera de producción lineal y paramétrica a la que, al añadirle el término estocástico $\boldsymbol{\varepsilon}_i$ le concede, además del nombre de frontera estocástica, la posibilidad de tomar en cuenta elementos externos que pueden ser favorables o desfavorables y que van más allá de la parte determinista y racional de los productores, tales como la suerte (ser atacado por plagas, por ejemplo), condiciones climatológicas, topo-

²Este modelo fue introducido por Aigner et al. (1977).

grafía del terreno y desempeño de la maquinaria (en perspectiva negativa podría ser la materialización de algún riesgo operativo). Así pues, la frontera estocástica de producción tiene la forma general presentada en la ecuación (1), donde la mayor relevancia la tiene el término ε_i , por tanto, se describirá la estructura y propiedades de éste.

En cuanto a la estructura del error en la formulación (1) el cual está constituido por dos elementos como se mencionaba anteriormente, se puede escribir de la siguiente manera:

$$\varepsilon_i = \mathbf{v}_i + \mathbf{u}_i, \quad i = 1, \dots, N, \quad (2)$$

donde \mathbf{v}_i es un componente distribuido independiente, idéntica y simétricamente según una normal de media cero y varianza σ_v^2 , formalmente, $\mathbf{v}_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma_v^2)$. Por su parte, el componente $\mathbf{u}_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma_u^2)$, donde esta distribución está truncada por encima de cero ya que se asume que $\mathbf{u}_i \leq 0$ y además, que es independiente de \mathbf{v}_i .

Existe una justificación económica para la existencia de esos dos componentes que a la vez son económicamente distinguibles entre sí. De acuerdo con [Aigner et al. \(1977\)](#), la existencia de la perturbación no positiva \mathbf{u}_i refleja el hecho que el nivel de producción de cada finca no debe estar por encima de su frontera $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i$. En este sentido, $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i$ representa la producción máxima alcanzable para cada finca y que esta producción no puede ser superada, porque representa el nivel óptimo dado los insumos disponible para la i -ésima finca, de manera que su producción efectiva puede ser menor o igual a la determinada por $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i$, de allí que reciba el calificativo de frontera, porque delimita el punto máximo de producción para cada finca.

Así, cualquier desviación de y_i respecto a $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i$ se debe a factores que están bajo el control de la finca tales como ineficiencia técnica y económica, la voluntad y el esfuerzo del productor y sus empleados. Basado en lo anterior, se debe tener en cuenta que la frontera puede variar entre fincas, en incluso para la misma finca en dos momentos distintos del tiempo. Es en este sentido que la frontera es estocástica.

El componente de error aleatorio \mathbf{v}_i que acompaña a la frontera es el resultado de eventos externos tanto favorables como desfavorables tales como suerte, condiciones climatológicas, topología y desempeño de la maquinaria, asimismo, los errores en las observaciones y errores de mediciones constituyen otra fuente de variación para \mathbf{v}_i .

Otras interpretaciones como la de [Marschak y Andrews \(1944\)](#) van dirigidas

hacia el agregado ($\mathbf{v}_i + \mathbf{u}_i$) y establecen que esto refleja la eficiencia técnica y la voluntad, el esfuerzo y la suerte del productor. En cambio, Zellner et al. (1966) sugieren que ese componente representa a factores como el clima y variaciones impredecible en el desempeño de la maquinaria o en el desempeño de la mano de obra. En cambio, Timmer (1971) lo relaciona con características ambientales, tales como clima, topología del terreno y tipo de suelo.

Una vez estimada la frontera de producción, $f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i$, se puede obtener nivel de eficiencia técnica para cada una de las unidades productoras de café incluidas en la estimación. Teniendo en cuenta la composición de $\boldsymbol{\varepsilon}_i$ en la ecuación (2), se puede determinar si se está en el nivel óptimo de producción al obtener las desviaciones de la producción efectivamente realizada respecto a la producción óptima dado los factores disponibles, es decir:

$$gap_i = y_i - (f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i), \quad (3)$$

donde gap_i representa la brecha entre lo efectivamente producido y lo que potencialmente se puede producir. Si la producción observada para la i -ésima finca es inferior a la frontera establecida por sus factores, entonces $gap_i < 0$, indicando que se tiene una situación de ineficiencia técnica o subproducción. El máximo nivel de producción alcanzable para cada finca es el establecido por su frontera productiva, esto significa que una finca alcanza la máxima eficiencia productiva cuando su brecha respecto al nivel potencial es cero ($gap_i = 0$) indicando que $y_i = f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i$, es decir, cuando su nivel de ineficiencia técnica se iguala a cero.

Una forma alternativa y muy popular en la literatura es expresar la eficiencia técnica (ET) como el cociente entre la producción observada y a la producción óptima según los factores disponibles, esto es:

$$ET_i = \frac{y_i}{f(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) + \mathbf{v}_i}, \quad (4)$$

si $ET_i = 1$ indica que la i -ésima finca está sobre la frontera, por tanto, está utilizando eficientemente sus recursos productivos. En tanto, que $ET_i < 1$ indica que la producción es ineficiente dada la dotación de recursos. Recuérdese que $ET > 1$ no es un resultado factible debido a los supuestos distribuciones impuestos anteriormente y por restricciones de teoría económica.

3. Especificación del modelo y discusión de resultados

Para la realización de esta investigación, se utilizaron los datos correspondiente a la Encuesta de Costos de Producción de Café, ciclo 2014-2015, la cual consta de 5,386 registros. Cabe mencionar que los resultados de este estudio son preliminares y están sujetos a cambios debido a que la información de la base de datos aún no es la definitiva. Errores de digitación por omisión de datos están presentes en esta versión no depurada de la base.

En esta sección se establece el modelo funcional específico que se estimará para analizar los factores que determinan las variaciones en los niveles de producción de café; asimismo, se plantean modelos alternativos para probar la robustez de los resultados.³ Así, al considerar distintos factores, principalmente aquellos propuestos por Binam et al. (2003); Coelli y Fleming (2004); Chandra (1979); Kalaitzandonakes y Dunn (1995); Bravo-Ureta y Pinheiro (1997); Bravo-Ureta et al. (2007); Abdulai y Eberlin (2001), la definición general del modelo presentado en la ecuación 1 adopta la siguiente forma específica:

$$\begin{aligned} \log y_i = & \beta_0 + \beta_1 \log(\text{altura}) + \beta_2 \log(\text{area}) + \beta_3 \log(\text{trabajo}) + \\ & \beta_4 \log(\text{herramientas}) + \beta_5 D(\text{sexo} = \text{Femenino}) + \\ & \beta_6 D(\text{sexo} = \text{Masculino}) + \beta_7 D(\text{tenencia} = \text{Alquilada}) + \\ & \beta_8 D(\text{tenencia} = \text{Otra}) + \beta_9 D(\text{exporta} = \text{no_exporta}) + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, N. \end{aligned} \quad (5)$$

Dado que la representación de la ecuación 5 muestra que las variables están expresadas en logaritmos naturales, los resultados de sus coeficientes representan las elasticidades de la producción de café (y_i) respecto a variaciones de uno por ciento en los factores productivos, esto es sólo para el caso de las variables continuas. En tanto que para las variables categóricas,⁴ se utilizará la transformación propuesta por Kennedy (1981) que consiste en una mejora substancial, en términos de insesgadez, respecto a la propuesta de Halvorsen y Palmquist (1980).

³Se debe tener en cuenta que la solidez de los resultados dependen de la calidad de los datos. Los datos utilizados para este estudio corresponden a una versión preliminar susceptible a errores de procesamiento dada su naturaleza preliminar.

⁴En la ecuación 5, las variables *dummies* están anteceditas por la letra *D* y en entre paréntesis aparece la categoría que ésta representa, por ejemplo $\beta_5 D(\text{sexo} = \text{Femenino})$ corresponde al parámetro que mide el impacto de la variable *dummy sexo* cuando su categoría se fija en *Femenino*.

Kennedy (1981) propone estimar el efecto porcentual de cambios en la *dummy* sobre la variable respuesta mediante la siguiente expresión:

$$g_i^* = \left[\exp \left(\hat{\beta}_i - \frac{1}{2} \hat{V}(\hat{\beta}_i) \right) - 1 \right] \times 100, \quad (6)$$

donde g^* representa el efecto porcentual de la *dummy* sobre la variable explicada, $\hat{\beta}$ es el parámetro estimado que acompaña a la *dummy*, β_i con $i = 4, \dots, 9$ para nuestro caso (ver ecuación 5); y $\hat{V}(\hat{\beta}_i)$ es la varianza estimada del parámetro asociado a la *dummy*.

Tabla 1: Determinantes de la producción de café.

	Variable dependiente:			
	<i>Producción</i> Modelo 1	<i>Producción</i> Modelo 2	<i>Producción</i> Modelo 3	<i>Producción/área</i> Modelo 4
(Intercept)	1.5772*** (0.301)	2.4666*** (0.5171)	0.9734 (1.1288)	2.3054. (1.2731)
log(altura)	0.0604 (0.0422)	0.0083 (0.0747)	0.4346. (0.2604)	0.2154 (0.298)
log(área)	0.4312*** (0.0211)	0.5606*** (0.0312)	0.9366*** (0.0786)	
log(trabajo)	0.2678*** (0.0222)	0.1544*** (0.0304)	0.1569 (0.1243)	0.4625** (0.1428)
log(herramientas)	0.0765*** (0.0197)	0.0649* (0.0258)	0.0399 (0.2207)	-0.1959 (0.2488)
D(sexo = Masculino)	0.0978* (0.0461)	0.0419 (0.0629)	0.0395 (0.0614)	0.0081 (0.0699)
D(tenencia = Otra)	-0.3541 (0.2557)	-0.2388 (0.2413)	-0.202 (0.2347)	-0.1649 (0.2743)
D(Dexporta = no exporta)	-0.2269*** (0.0436)	-0.1517* (0.0681)	-0.156* (0.0665)	-0.0676 (0.0752)
D(RecibioFinancimiento = No)		-0.2475*** (0.0501)	-0.2058*** (0.0508)	-0.2519*** (0.0583)
log(altura) ²			-0.0355 (0.0231)	-0.0162 (0.0265)
log(área) ²			-0.1014*** (0.0199)	
log(trabajo) ²			0.0019 (0.0194)	-0.0762*** (0.0217)
log(herramientas) ²			0.0023 (0.0155)	0.0084 (0.0174)
sigmaSq	0.5698*** (0.0574)	0.7069*** (0.7069)	0.7066*** (0.0619)	0.9032*** (0.0722)
gamma	0.6683*** (0.0762)	0.8667*** (0.8667)	0.8853*** (0.0311)	0.8688*** (0.0282)
<hr/>				
Log likelihood value	-1186.28	-573.45	-560.04	-657.76
Total number of observations	1388	704	704	704
Mean efficiency	0.6492004	0.5879603	0.5853102	0.5591056

Nota: *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p < 0.05$; $\cdot p < 0.1$.

La Tabla 1 muestra los resultados⁵ de la estimación de 4 modelos distintos donde se puede observar que en el modelo 3 están anidados los modelos 1 y 2, todos ellos tienen la misma variable dependiente: la producción total de café en quintales. Por su parte, en el modelo 4 la variable dependiente denota los rendimientos de la producción por manzana. La conclusión general que se puede extraer de esas estimaciones es que la productividad media en la producción de café ronda el 60 por ciento, esto indica que una finca promedio alcanza el 60 por ciento de sus habilidades técnicas para producir café. Se presentan 4 alternativas de modelos para verificar la robustez en la estimación de la eficiencia técnica.

En lo sucesivo, el análisis se basará en los resultados proporcionados por el modelo 3, ya que por el criterio del valor de la verosimilitud resultó ser el de mejor ajuste. Así dicha estimación muestra que la productividad media en la producción de café alcanzó un valor de 0.5853 indicando que una finca promedio alcanza un 58.53 por ciento de sus habilidades técnicas en la producción de café. Este resultado demuestra que los caficultores nicaragüenses tienen una ventana de oportunidad para mejorar su eficiencia técnica a través de la implementación de mejores prácticas productivas.

Adicionalmente, existen marcadas diferencias entre los productores que ubican en el 10 por ciento más bajo versus los que pertenecen al grupo del 10 por ciento más alto. En este sentido, las fincas que conforman el grupo del 10 por ciento menos productivas alcanzan una eficiencia técnica promedio de 23.12 por ciento, mientras que las que se ubican en el noveno decil, o el 10 por ciento más eficiente, alcanzan una eficiencia de 85.50 por ciento, indicando que las fincas más eficientes no están muy alejadas de la frontera.

Si las fincas cafetaleras utilizaran eficientemente⁶ sus dotaciones de recursos, se podría alcanzar un nivel de producción promedio de 116 quintales por finca, sin embargo, dado que éstas sólo tienen una eficiencia de 58.53 por ciento, su producción estimada se reduce a tan sólo 68 quintales, lo cual es consistente con el valor promedio observado de 71 quintales, indicando que en promedio cada finca deja de percibir 7,658.4 dólares producto de la ineficiencia productiva.⁷

⁵Las estimaciones se realizaron utilizando el software estadístico R ([R Core Team, 2016](#)) con el paquete `frontier` ([Coelli y Henningsen, 2013](#)), mientras que las salidas gráficas fueron generadas por `ggplot2` ([Wickham, 2009](#)).

⁶Utilizar ‘eficientemente’ los recursos, significa un mejor manejo de las dotaciones con que cuentan los productores, no implica mayores montos de inversión ni incrementos de gastos, sólo se refiere a utilizar óptimamente lo que ya se tiene.

⁷Se utilizó el precio promedio del quintal de café en 2015 reportado en [BCN \(2015\)](#) el cual fue 171.5 dólares.

Según estimaciones del Ministerio Agropecuario, basado en el IV Censo Nacional Agropecuario (IV CENAGRO), el sector cafetalero nicaragüense está compuesto por 44,519 productores de café (MAG, 2013). En términos contrafactuales, esto significa que la economía está dejando de percibir al rededor de 340 millones de dólares derivados del café como resultado de la ineficiencia productiva.

Para poner en otra perspectiva los efectos que tiene sobre la economía, el coste de oportunidad de estar por debajo de la frontera óptima de producción, se puede considerar el peso que tiene el café sobre las exportaciones totales, que a 2015 representó el 16.20 por ciento,⁸ valor que ascendería hasta 26.51 por ciento de alcanzarse el nivel óptimo de producción, condicional a los factores con los que ya cuentan las fincas cafetaleras del país. Con ese resultado, el café, volvería a posicionarse como el principal producto de exportación, que en 2015 ocupó el segundo lugar, superado por la carne que tuvo una participación de 18.76 por ciento en el total de exportaciones sin incluir zona franca (BCN, 2015).

Tabla 2: Contrafactual: comparación entre observado y lo que se podría alcanzar.

	Observado	Contrafactual
Eficiencia técnica ^a , %	60	100
Producción promedio por finca, <i>quintales</i>	71.5	116
Ingresos totales promedio por finca ^b , <i>US\$</i>	12,262.25	19,894.00
Valor exportado, <i>millones de US\$</i>	392.3	732.3
Valor exportado, % del PIB	3.09	5.77
Exportación de café, % de las exportaciones totales ^c	16.2	26.5
Crecimiento de las exportaciones de café ^d , %	-5.07	11.91
Déficit en balanza de bienes, % del PIB	21.6	18.9

a : Indica la estimación aproximada de la eficiencia media, el valor contrafactual corresponde al nivel alcanzado si se estuviese en la frontera.

b : Se utilizó el precio promedio de 2015, correspondiente a 171.5 dólares por quintal, ver BCN (2015).

c, d: No incluye zona franca.

Nota: las cifras de comparación corresponden al año 2015.

La Tabla 2 muestra un resumen de lo efectivamente alcanzado, derivado de la actividad cafetalera, versus lo que podría alcanzarse sin incrementar los costes de producción, esto depende únicamente de implementar mejores prácticas en el manejo de los recursos para incrementar la productividad, y por ende, la producción. Véase en la Tabla 2 que actualmente, el valor exportado de café, como porcentaje del PIB, representa 3.09 por ciento; de alcanzarse un buen manejo de los recursos

⁸Excluyendo zona franca, ver BCN (2015).

Frontera de producción y producción efectiva

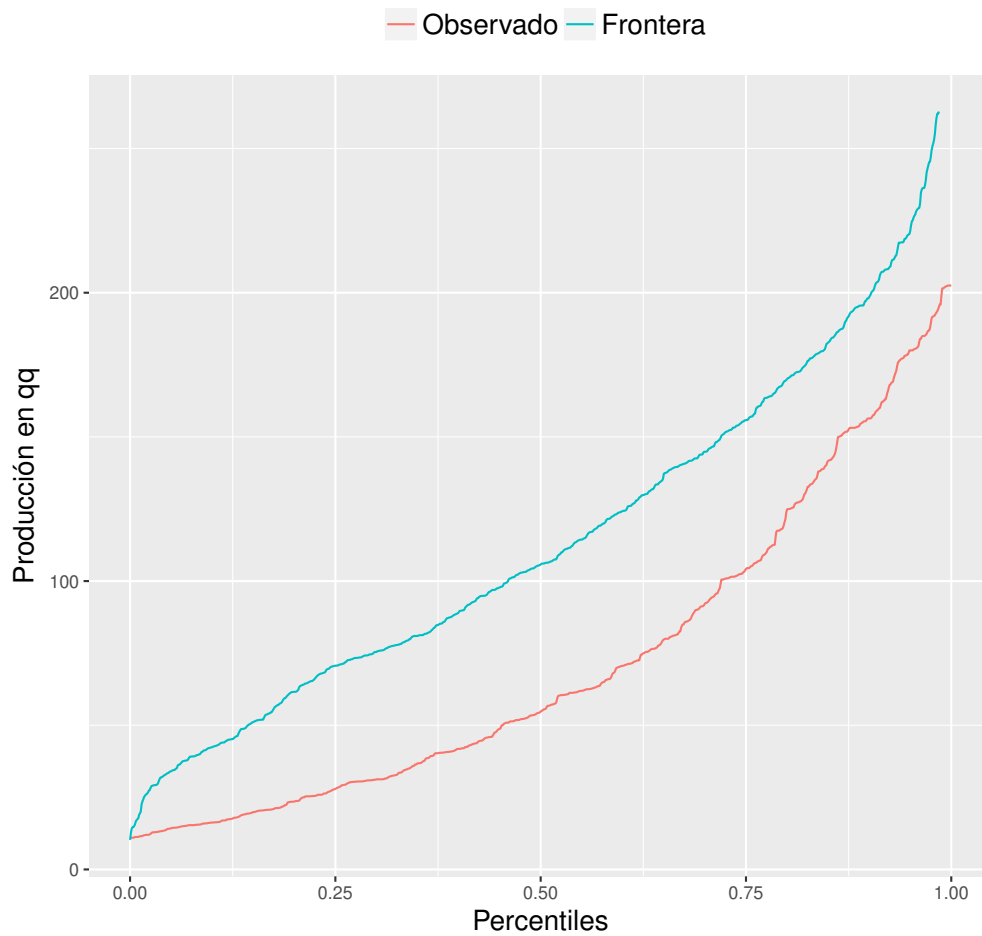


Figura 1: Frontera de producción y producción efectiva.

y llegar hasta la frontera de producción, esa importancia relativa pasaría a ser del 5.77 por ciento.

Por su parte, el crecimiento negativo de las exportaciones de café de 5.07 por ciento motivado por una reducción en los volúmenes exportados (BCN, 2015), pudo haberse revertido y finalizado en 11.91 por ciento si se hubiese producido de forma eficiente. Asimismo, el incremento en los volúmenes exportados de café hubiera contribuido a reducir en 2.7 puntos porcentuales el déficit de la balanza de bienes que representó, como porcentaje del PIB, 21.6 por ciento y pudo haber sido 18.9 por ciento.

Por su parte, la Figura 1 muestra la frontera de producción y la producción efectivamente realizada. Se puede observar que en cualquier punto de la gráfica, la producción observada siempre está por debajo de la producción potencial dado los recursos con que cuentan los productores. La Figura 1 muestra en el eje horizontal los percentiles y su eje vertical, la producción en quintales. Este gráfico resume visualmente lo que antes se dijo en términos numéricos.

De alcanzarse el 100 por ciento de eficiencia productiva, aumentaría la probabilidad de producir más y se disminuiría el número de fincas que producen poca cantidad de café. Esto significa, por ejemplo que el 25 por ciento de las fincas menos productivas, que producen como máximo alrededor de 28 quintales de café, pasarían a producir casi 71 quintales. Basados en la ganancia productiva que se tendría, los volúmenes de producción se concentrarían en niveles más altos a los actuales, esa es la información que proporciona la Figura 2. En ella se observa que si las fincas fuesen más eficientes, su producción se concentraría más la derecha del gráfico, indicando que sería más probable que produzcan más y habría un desplazamiento de la producción total a niveles más altos.

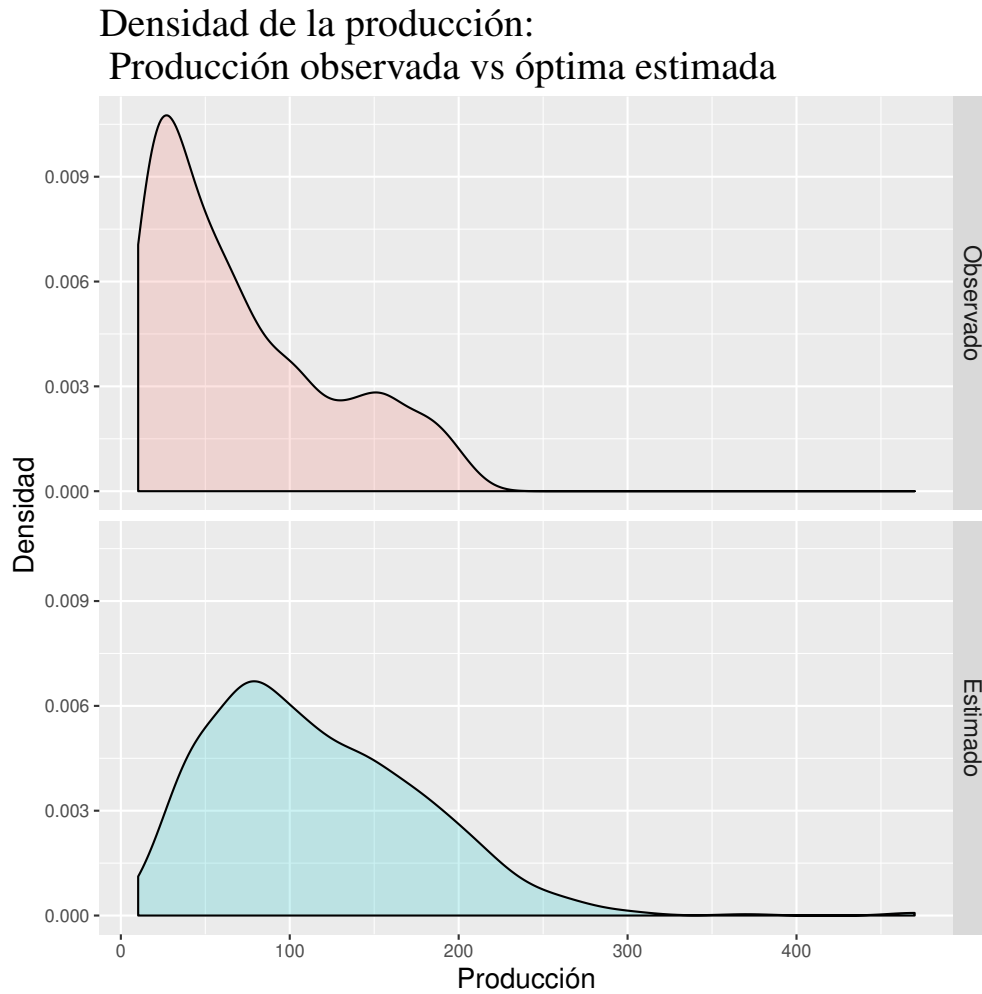


Figura 2: Densidad de la producción observada vs la óptima derivada del modelo.

Hasta este punto se ha expuesto lo que pasaría con la producción de café si los productores alcanzaran la eficiencia óptima sin variar sus recursos. Sin embargo, ¿De qué dependería que la frontera se desplace hacia mayores niveles de producción? Para responder a esta interrogante es necesario examinar los elementos que contribuyen a determinar las fluctuaciones en los niveles de producción. Para ello, el análisis recae sobre las elasticidades estimadas y presentadas en la Tabla 3 basado en los modelos presentados en la Tabla 1.

Dado que en la Tabla 1, tanto las variables continuas como la dependiente están expresadas en logaritmos, los coeficientes asociados a ellas se interpretan como elasticidades. De este modo, cada uno de ellos refleja el cambio porcentual en la

Tabla 3: Efectos marginales.

	Modelo 2	Modelo 3
(Intercept)	2.4666***	0.9734
log(altura)	0.0083	0.4346.
log(area)	0.5606***	0.9366***
log(trabajo)	0.1544***	0.1569
log(herramientas)	0.0649*	0.0399
D(exports = no exports)	-0.1580*	-0.1660*
D(RecibioFinancimiento = No)	-0.1965***	-0.1793***
log(area) ²		-0.1014***

Log likelihood value	-573.4509	-560.0366
Total number of observations	704	704
Mean efficiency	0.5879603	0.5853102

Nota: *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p < 0.05$; $\cdot p < 0.1$.

producción de café ante un cambio de uno por ciento en la variable explicativa. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los coeficientes de las variables *dummies* no son directamente interpretables como elasticidades, de manera que se tiene que aplicar la transformación presentada en la ecuación 6. Así, la Tabla 3 muestra las elasticidades⁹ de cada variable sobre el nivel de producción de café.

Como se aprecia en la Tabla 3, la producción de café es intensiva en tierra y, en menor medida depende del trabajo y capital, como era de esperarse al tratarse de un rubro agrícola de baja tecnificación. Nótese que las elasticidades presentadas, correspondientes al Modelo 2 y al Modelo 3 son muy similares, exceptuando aquella correspondiente a la variable `log(area)`, para la cual el Modelo 2 reporta un valor 60 por ciento menor que aquel reportado por el Modelo 3, a pesar de esta diferencia, ambos modelos sugieren que el factor tierra es el mayor determinante de los niveles de producción de café. Pese a que, al incrementar la tierra, la producción incrementaría, esto no quiere decir que se debería incrementar el área sembrada indefinidamente, porque al introducir dicha variable en forma cuadrática se tiene un resultado negativo; indicando que si bien, al mantener los demás factores constantes e incrementar el área sembrada, la producción de café incrementaría, pero llega un momento en que al seguir incrementando deliberadamente ese factor, la influencia sobre la producción marginal será negativa. Lo anterior implica que se activaría la ley de los rendimientos decrecientes.

⁹En la Tabla 3 sólo se muestran las elasticidades de las variables que resultaron significativas en la estimación presentada en la Tabla 1

Al ser el café un cultivo de exportación, no es de extrañar que aquellas fincas dedicadas a la exportación de este cultivo tengan diferencias productivas comparadas contra aquellas que no exportan. Particularmente, las que no exportan tienen una producción mediana que ronda el 16 por ciento menos que a aquellas que sí exportan. De aquí se destaca que incentivos a la exportación incrementarían el volumen producido. En la muestra, se observó que la diferencia de producción entre las que exportan y las que no exportan, es de 18 quintales por finca.

Por el lado del financiamiento, éste tiene un impacto significativo sobre la producción, ya que al comprar las fincas que recibieron financiamiento durante el ciclo agrícola contra las que no recibieron, se determinó que la producción mediana que podría fluctuar entre 18 y 19 por ciento menos para aquellas fincas donde no hubo financiamiento. En la muestra analizada, se observó que los productores que recibieron financiamiento produjeron, en términos medios, 73 quintales de café versus los 56 quintales que produjo su contraparte sin financiamiento. Así, al mejorar el manejo de sus recursos y alcanzar la frontera productiva, esos resultados hubiesen sido 122 quintales para que las que tuvieron acceso al crédito y tuvieron financiamiento contra los 95 quintales de producción para aquellas que no tuvieron financiamiento.

Los resultados encontrados en este estudio, en cuanto al nivel de eficiencia técnica, no distan de aquellos encontrados por otros autores para países de la región que analizan otros productos, y que en algunos casos, estiman el nivel de eficiencia de todas las unidades productoras agrícolas, tal es el caso de [Chandra \(1979\)](#) quien encuentra que la eficiencia técnica promedio para todas las fincas de Costa Rica es 79.3 por ciento. Para el caso del maíz en Guatemala, usando un modelo de variables latentes, [Kalaitzandonakes y Dunn \(1995\)](#) estiman un nivel muy cercano a la frontera productiva, encontrando un 93 por ciento para la eficiencia técnica. La eficiencia técnica correspondiente a República Dominicana, para sus cultivos en general, corresponde a 70 por ciento según [Bravo-Ureta y Pinheiro \(1997\)](#). Un listado más amplio sobre estimaciones de eficiencia técnica para otros países se puede encontrar en [Bravo-Ureta et al. \(2007\)](#).

Particularmente, para Nicaragua [Abdulai y Eberlin \(2001\)](#) analizan, mediante modelos de fronteras estocásticas, el comportamiento productivo del maíz y del frijol durante 1994-1995. En su estudio [Abdulai y Eberlin \(2001\)](#) encuentran que la eficiencia técnica es de 69.8 y 74.2 por ciento para el maíz y el frijol, respectivamente.

Hasta el momento no existen trabajos publicados sobre la estimación de la productividad en la producción de café nicaragüense, de manera que esta investigación brinda los primeros indicios sobre este tema, a la vez que contribuye a la literatura empírica no sólo por ser el primero que aborda esta temática, sino que incorpora un análisis contrafactual que pone de manifiesto los montos monetarios que se dejan de percibir producto de la baja eficiencia productiva.

4. Consideraciones finales y recomendaciones

En este trabajo se estimó el nivel promedio de eficiencia técnica de las fincas productora de café. El valor promedio de la eficiencia es, al rededor, de 60 por ciento. Pese a la existencia de ineficiencia técnica, se tiene que las fincas más eficientes y que conforman el 10 por ciento más productivo, alcanzan un valor de eficiencia media de 85.50 por ciento. Esto deja de manifiesto que hay una ventana de oportunidad para mejorar los niveles de eficiencia productiva.

Los resultados de la estimación de la eficiencia técnica indican que con sólo mejorar el manejo en el uso de los recursos con los que ya cuentan los productores, éstos serían capaces de incrementar su producción hasta el punto delimitado por la frontera estimada. Esto significa que, en teoría, no se deberían incrementar los costos de producción, sin embargo, el hecho de “tomar mejor las decisiones” implícitamente conlleva un cambio de habilidades de manejo de los recursos el cual se consigue a través de capacitaciones o a partir de la contratación de personal con esas habilidades. En este sentido y a pesar que en las estimaciones no se incorporó esta variable debido a falta de información, la implementación de programas públicos de capacitación orientados a los pequeños productores podrían incidir en un aumento en la eficiencia técnica.

Diversos autores han establecido que el uso de variables tales como educación, experiencia en labores agrícolas y tamaño de la familia son útiles, tanto para mejorar el grado de precisión de la estimación, como para realizar recomendaciones de política, ya que sobre estas variables, el Gobierno puede tener una incidencia directa. Por tanto, se recomienda incorporar esta información en las ediciones futura de la Encuesta de Costos de Producción de Café para capturar la situación socio económica del productor a través de variables que permitan campo de acción para las instituciones públicas.

Por otro lado, variables que ayudarían a captar influencias sobre la producción del café están en la encuesta, pero tienen elevados niveles de valores perdidos, tal es el caso de las siguientes variables: aplicación de abono, inversión en infraestructura, monto de financiamiento, obras de conservación de suelo y agua; por lo que se recomienda realizar el esfuerzo por obtener dicha información durante la entrevista al encuestado.

El alcance de este estudio, en términos de establecimiento de recomendaciones de políticas es limitado por la disponibilidad de datos. Sin embargo, dos variables que tienen efectos significativos sobre el incremento de la producción de café podrían ser útiles para orientar acciones públicas que fomenten el incremento en sus niveles de producción, éstas son el financiamiento y los incentivos para la exportación. Dado que estas variables tienen un impacto positivo sobre la producción, el Gobierno podría facilitar el acceso al crédito y canalizarlo entre las unidades productoras exportadoras, así como fomentar la exportación del grano de oro a través de mejores esquemas de incentivos.

Referencias

- Abdulai, A. y Eberlin, R. (2001). Technical efficiency during economic reform in nicaragua: evidence from farm household survey data. *Economic Systems*, 25(2):113–125.
- Aigner, D., Lovell, C., y Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1):21 – 37.
- Battese, G. E. y Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: With application to paddy farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3(1/2):153–169.
- BCN (2015). *Informe Anual 2015*. Banco Central de Nicaragua.
- Binam, J. N., Sylla, K., Diarra, I., y Nyambi, G. (2003). Factors affecting technical efficiency among coffee farmers in côte d’ivoire: Evidence from the centre west region. *African Development Review*, 15(1):66–76.
- Bravo-Ureta, B. E. y Pinheiro, A. E. (1997). Technical, economic, and allocative efficiency in peasant farming: evidence from the dominican republic. *The Developing Economies*, 35(1):48–67.
- Bravo-Ureta, B. E., Solís, D., Moreira López, V. H., Maripani, J. F., Thiam, A., y Rivas, T. (2007). Technical efficiency in farming: a meta-regression analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 27(1):57–72.
- Chandra, S. (1979). Technical efficiency in farming: the relationship with the age of the farm manager. *Fiji Agricultural Journal*, 41:31–36.
- Coelli, T. y Fleming, E. (2004). Diversification economies and specialisation efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in papua new guinea. *Agricultural Economics*, 31(2-3):229–239.
- Coelli, T. y Henningsen, A. (2013). *frontier: Stochastic Frontier Analysis*. R package version 1.1-0.
- Halvorsen, R. y Palmquist, R. (1980). The interpretation of dummy variables in semilogarithmic equations. *The American Economic Review*, 70(3):474–475.
- Kalaitzandonakes, N. G. y Dunn, E. G. (1995). Technical efficiency, managerial ability and farmer education in guatemalan corn production: A latent variable analysis. *Agricultural and Resource Economics Review*, 24(1).

- Kennedy, P. (1981). Estimation with correctly interpreted dummy variables in semilogarithmic equations [the interpretation of dummy variables in semilogarithmic equations]. *American Economic Review*, 71(4).
- MAG (2013). *Programa Nacional de Transformación y Desarrollo de la Caficultura*. Ministerio Agropecuario.
- Marschak, J. y Andrews, W. H. (1944). Random simultaneous equations and the theory of production. *Econometrica*, 12(3/4):143–205.
- R Core Team (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Timmer, C. P. (1971). Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency. *Journal of Political Economy*, 79(4):776–794.
- Wickham, H. (2009). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Zellner, A., Kmenta, J., y Drèzer, J. (1966). Specification and estimation of Cobb-Douglas production functions. *Econometrica*, 34:784–795.